Caldasia 20(1): 44-56

RESIDUOS DE PLAGUICIDAS ORGANOCLORADOS EN *RHIZOPHORA MANGLE* y *AVICENNIA GERMINANS* EN LA CIENAGA GRANDE DE SANTA MARTA, CARIBE COLOMBIANO*

LUISA F. ESPINOSA

INVEMAR, Apartado 1016, Santa Marta, Colombia.

NÉSTOR H. CAMPOS

Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, INVEMAR, Apartado 1016, Santa Marta, Colombia. nhcampos@ciencias.ciencias.unal.edu.co

GUSTAVO RAMÍREZ

INVEMAR, Apartado 1016, Santa Marta, Colombia.

Resumen

Se determinaron los contenidos de residuos de los plaguicidas organoclorados lindano, heptacloro, aldrin, pp'DDE, pp'DDD y pp'DDT en hojas de dos especies de mangle (*Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans)* de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Se recolectaron muestras trimestralmente (entre marzo y diciembre de 1993) en cuatro estaciones en la Ciénaga y en una estación de la Bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona. Las determinaciones se hicieron por cromatografía gas-líquido. Se encontró que en los dos ecosistemas las dos especies de mangle están acumulando los seis compuestos analizados, además de otros compuestos organoclorados indeterminados. Las mayores concentraciones fueron las de lindano, con valores máximos de 15.9 ng/g (peso seco). Solo se encontraron diferencias significativas entre las épocas climáticas para las concentraciones de lindano, heptacloro y aldrin. Las mayores concentraciones se midieron en la época seca. Se calculó el factor de concentración por especie y se pudo determinar que están acumulando organoclorados en mayor proporción desde el sedimento.

Palabras clave: Acumulación, estuarios, manglares, organoclorados, plaguicidas.

Abstract

Residues of the organochlorine compounds lindane, heptachlor, aldrin, pp'DDE, pp'DDD y pp'DDT were determined in leaves of two species of mangrove (*Rhizophora mangle* and *Avicennia germinans*) from the Ciénaga Grande de Santa Marta. Samples were made quarterly (between March and December 1993), at four stations at the Ciénaga and at one station in Bahía de Chengue (Parque Nacional Natural Tayrona). Measurements were made using gas-liquid chromato-

---

* Contribución No. 598 del Instituto de Investigaciones marinas y costeras - INVEMAR.
Contribución No. 146 del posgrado de Biología - Biología Marina, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia.

graphy. In both ecosystems the two species are accumulating all the six compounds analyzed, as well as other indeterminate organochlorines. The greatest concentrations were found for lindane with maximum values of 15,9 ng/g (dry weight). For lindane, heptachlor and aldrin the concentrations were significantly different only between climatic periods. The highest concentrations were obtained for the dry season. The concentration factor by species was calculated and it was determined that the mangroves are accumulating organochlorine compounds in greatest proportion from sediment.

Key words: Accumulation, estuaries mangroves, organochlorines, pesticides.

Introducción

La Ciénaga Grande de Santa Marta (CGSM) es el ecosistema laguno-estuarino más importante de Colombia. Este sistema es considerado una trampa de sustancias orgánicas, entre otras de residuos de plaguicidas organoclorados (Plata et al. 1993), unos de los mayores contaminantes de los ecosistemas acuáticos, ya que son poco o nada biodegradables y son capaces de afectar a todos los organismos, tanto animales como vegetales (Beyer & Krynitsky 1989).

Trabajos anteriores han puesto de manifiesto que al sistema CGSM están entrando compuestos organoclorados (Estrada 1988, Ramírez 1988, Plata et al. 1993), los cuales son acumulados por organismos de importancia económica (Estrada 1988, Plata et al. 1993) y biomagnificados a través de las cadenas tróficas (Plata et al. 1993).

La CGSM, se encuentra rodeada por un extenso bosque de manglar, representado principalmente por las especies *Rhizophora mangle, Avicennia germinans, Laguncularia racemosa* y *Conocarpus erecta*. Estas especies forman bosques de borde, islote, cuenca y ribereños. El mayor desarrollo de los manglares se encuentra en el costado este, el área de mayor influencia de los ríos provenientes de la Sierra Nevada de Santa Marta (SNSM) (Sánchez et al. 1989). En el Complejo de Pajarales (costado oeste) la única especie presente es *A. germinans*, ya que las altas salinidades no permiten el desarrollo de otras especies. *L. racemosa* solo aparece como pequeños parches en el costado norte y oriental de la CGSM y en Caño Clarín. *C. erecta* está presente sólo en las ciénagas del costado suroccidental, próximas al Río Fundación (Serrano et al. 1995). Hasta 1966 el bosque cubría 51150 ha (González 1989). En los últimos años el ecosistema se ha venido deteriorando, hasta el punto que hoy solo se encuentran 23510 ha de mangle vivo (Gónima et al. ined.); el 54% del manglar está muerto. Sin duda la principal causa del deterioro fue la construcción del dique sobre el cual se trazó la carretera que une a Ciénaga con Barranquilla (costado norte); la disminución de los aportes de agua dulce, por el taponamiento de los caños que traían agua del Río Magdalena y la destrucción de bosque en la SNSM, que disminuyó el caudal de los ríos de su piedemonte (Botero 1990, Márquez 1992). Esto produjo cambios en las condiciones hidrodinámicas del sistema, llevando a la hipersalinización del suelo y al aumento de la sedimentación (Botero 1990, Manjarrés & Escobar 1991).

Los manglares, al igual que las demás plantas del trópico, viven en el límite máximo de tolerancia a la temperatura y si además de ésto, son sometidos a otros tensores como la alta salinidad, se tornan muy sensibles a factores de estrés, como son probablemente los contaminantes (Hutchings & Saenger 1984). De otro lado, se sabe que las plantas vasculares que viven en el agua, al igual que el fitoplancton y las algas, tienen una relación diferente entre las concentraciones de insecticidas en el medio interno y externo, a las plantas terrestres. En este caso, los residuos de plaguicidas organoclorados se encuentran en gran cantidad en sus tejidos, probablemente por su baja solubilidad en el agua y su mayor afinidad por el material biológico, lo que hace que la entrada de estos compuestos desde el agua hacia las plantas sea extremadamente rápida (Edwards 1976).

Los residuos de organoclorados que se absorben y translocan a las partes aéreas de las plantas estuarinas pueden pasar a la red alimentaria y de esta forma amplificarse (Edwards 1976, Gallagher & Wolf 1980), hasta llegar a las especies consumidas por el hombre, convirtiéndose en un riesgo para la salud.

El presente trabajo tiene como objetivo determinar las concentraciones de seis residuos de plaguicidas organoclorados en hojas de mangle y establecer la relación de concentración de los mismos entre las plantas y el sedimento, para determinar el grado de acumulación desde este último, a través del factor de concentración.

Materiales y Métodos

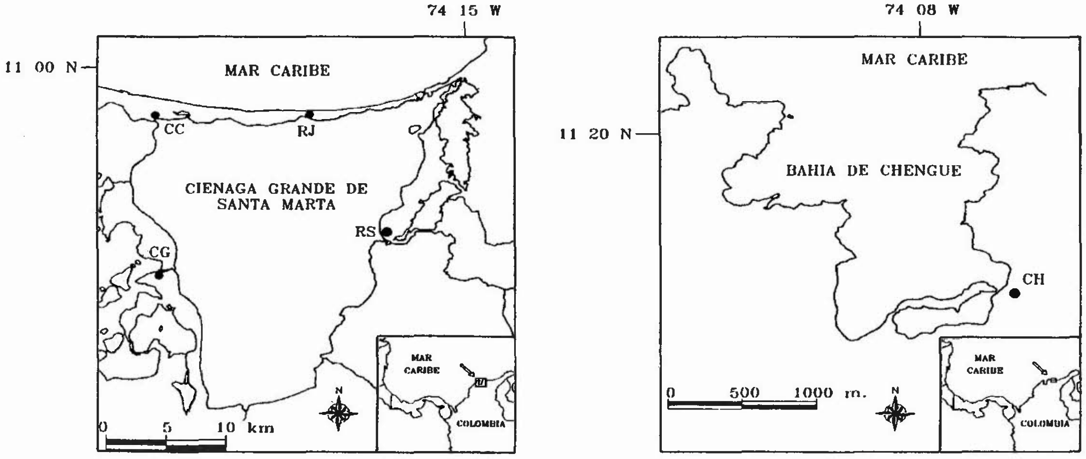
El estudio se realizó en dos ecosistemas ubicados en el Caribe Colombiano: la CGSM (10° 41'-11° 00' N y 74° 15'-74° 30' W) y la Bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona- PNNT (11° 19'-11° 20' N y 74° 09'-74 10' W). Dentro de la CGSM se ubicaron cuatro estaciones de muestreo: Rincón del Jagüey (RJ), Canal del Clarín (CC), Caño Grande (CG) y Río Sevilla (RS) (Fig. 1a) y una estación en la Bahía de Chengue (CH), a la entrada de la laguna en el costado oriental (Fig. 1b). Los muestreos se realizaron trimestralmente (entre marzo y diciembre de 1993), tratando de abarcar los principales picos climáticos (seco mayor, lluvioso menor, seco menor y lluvioso mayor).

En cada estación de muestreo y durante cada época climática, se recolectaron hojas de las dos especies de mangle (*R. mangle* y *A. germinans*). Además, se midió la salinidad del agua superficial. Las muestras se secaron en una estufa a 60°C hasta peso constante, luego de lo cual se maceraron. De 1 a 2 g de macerado se colocaron en agitación con 20 ml de acetonitrilo por 48 h. Los extractos se pasaron por solución acuosa de $NaSO_4$ (2%) y se recuperaron con hexano puro (Bernhard 1976). Posteriormente fueron purificadas mediante percolación en columnas de Florisil y con H_2SO_4 puro, para eliminar lípidos y otras sustancias polares.

El análisis se realizó en un cromatógrafo de gases Perkin Elmer (Sigma 300), con detector de captura electrónica y como fuente radioactiva Ni^{63}. Se utilizó una columna de vidrio empacada de 6 pies, con OV-100 (3%) como fase estacionaria, sobre Chromosorb W-HP (100-120 mesh). Como gas de arrastre se utilizó nitrógeno puro. El cromatógrafo operó bajo las siguientes condiciones: temperatura del inyector 220°C, de la columna 185°C, del detector 230°C, atenuación 16 y flujo del gas de arrastre 55 ml/min. Los resultados se expresaron en ng/g en pesos seco.

Para la identificación y cuantificación de cada organoclorado, se preparó una mezcla patrón en hexano puro, con seis compuestos: lindano, heptacloro, aldrin, dieldrin, pp'DDD y pp'DDT (Supelco). Para determinar el porcentaje de recuperación del proceso analítico, la mezcla patrón se sometió a los procesos de extracción y purificación empleados en las muestras, obteniéndose porcentajes de recuperación de 97.5% para el lindano, 96.0% para el heptacloro, 88.2% para el aldrin, 106.5% para el pp'DDD y 92.9% para el pp'DDT. Debido a que el dieldrin es degradado casi completamente por acción del ácido sulfúrico (porcentaje de recuperación 1.7%) y su tiempo de retención cromatográfico es igual al de pp'DDE, como pudieron confirmar Plata et al. (1993), trabajando con el mismo cromatógrafo y bajo las mismas condiciones; se asumió que todo lo que aparecía en el pico del cromatograma del dieldrin, con alta probabilidad correspondía a pp'DDE, aunque no se cuantificó con el patrón puro de este compuesto.

Los resultados de cada organoclorado se sometieron a análisis de varianza factorial de tres vías (época, estación, especie) sin réplicas, para comparar las diferencias de concentración en los factores y sus interacciones. También se realizaron análisis de correlación simples entre las concentraciones de cada organoclorado y la salinidad, para determinar cuáles compuestos dependían de esta variable ambiental.



(a) (b)

Figura 1. Mapa con las estaciones de muestreo. a. Ciénaga Grande de Santa Marta: Rincón del Jagüey (RJ), Caño Clarín (CC), Caño Grande (CG), Río Sevilla (RS). b. Bahía de Chengue, Parque Nacional Natural Tayrona (CH).

Finalmente, se realizaron cálculos del factor de concentración dado por Lacerda et al. (1985), para lo cual se utilizó el promedio de concentración de los organoclorados en el sedimento aledaño al manglar (Tabla 1), recolectado en las mismas estaciones y épocas del presente trabajo (Espinosa et al. 1995).

Resultados

CAMBIOS EN LA SALINIDAD DEL AGUA. Los valores de salinidad más altos se presentaron en la época seca mayor en todas las estaciones de muestreo (Fig. 2). La ausencia de las lluvias, el bajo cauce de los ríos y la influencia de los vientos alisios, que producen un ingreso de agua de mar hacia la ciénaga, hacen que la salinidad aumente en esta época (Wiedemann 1973). En la época lluviosa mayor se registraron los valores más bajos de salinidad, excepto en RS, donde la menor salinidad se presentó en la época lluviosa menor.

Es importante resaltar estos cambios de salinidad en el sistema, ya que de acuerdo con Hutchings & Saenger (1984), la salinidad es una variable medioambiental que tiene gran influencia en la regulación fisiológica de las plantas de mangle, además de ser una de las variables que afecta la biodisponibilidad de los residuos de plaguicidas en los ecosistemas acuáticos (Phillips & Rainbow 1993).

CONCENTRACIÓN DE ORGANOCLORADOS EN LAS HOJAS DE MANGLE. En las figuras 3 y 4 se presentan las concentraciones de residuos de plaguicidas organoclorados en las hojas de mangle. Se puede observar que tanto en CGSM como en CH, *R. mangle* y *A. germinans* están acumulando los seis organoclorados analizados. Los compuestos que aparecieron en casi todas las estaciones y épocas de muestreo fueron: lindano, heptacloro y aldrin.

En *R. mangle*, las máximas concentraciones se midieron en las estaciones de la CGSM (Fig 3). Para lindano y heptacloro en CC (6.8 y 15.9 ng/g respectivamente); para aldrin y pp'DDE en RS (5.3 y 7.0 ng/g respectivamente); pp'DDD en el RJ (20.1 ng/g) y pp'DDT en CG (1.9 ng/g). Para el lindano, heptacloro, aldrin y pp'DDE las máximas concentraciones se midieron en la época seca mayor, el pp'DDD en la seca menor y el pp'DDT en la época lluviosa menor. En la Bahía de Chengue (CH) se midieron concentraciones inferiores a las de la CGSM; solamente el lindano alcanzó valores cercanos a los registrados para la CGSM.

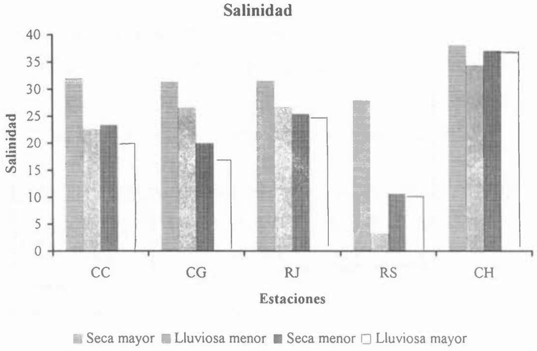


Figura 2. Salinidades registradas en cinco estaciones de muestreo en la Ciénaga Grande de Santa Marta y en Bahía de Chengue, para las cuatro épocas climáticas (seca mayor, lluviosa menor, seca menor y lluviosa mayor). RJ, Rincón del Jagüey; CC, Canal del Clarín; CG, Caño Grande; RS, río Sevilla; CH, Bahía de Chengue.

Para *A. germinans*, a excepción del pp'DDD y al igual que para *R. mangle*, los máximos valores de concentración se midieron en la CGSM (Fig. 4); el lindano en CG en la época seca mayor (15.1 ng/g); el heptacloro, aldrin y pp'DDT en RS (11.1, 6.8 y 18.3 ng/g, respectivamente), el primero en la lluviosa menor y los otros dos en la seca mayo. En CH, contrariamente a lo observado para *R. mangle*, las concentraciones de lindano, heptacloro y aldrin en *A. germinans* se aproximan a los valores máximos registrados en las estaciones de la CGSM.

Las mayores concentraciones de lindando y aldrin fueron medidas en *A. germinans* (15.1 ng/g en CG y 6.8 ng/g en RS, respectivamente); para heptacloro la máxima concentración se midió en la estación CC en *R. mangle* (15.9 ng/g). Para estos tres elementos, las mayores concentraciones se observaron principalmente en la época seca mayor.

Los DDTs (pp'DDE, pp'DDD y pp'DDT), en general, se encontraron por debajo del límite de detección del equipo en casi todas las estaciones y épocas climáticas (Figs. 3 y 4). Las máximas concentraciones de pp'DDE y pp'DDT se midieron en *A. germinans*, en la época seca mayor, en las estaciones CG (12.8 ng/g) y RS (18.2 ng/g). El pp'DDD alcanzó su máxima concentración en *R. mangle*, en la estación RS (20.1 ng/g), en la época seca menor.

Los análisis de varianza se hicieron para cada compuesto, ya que sus propiedades fisicoquímicas están determinando su ciclo en el medio ambiente (Phillips 1995). Estos análisis mostraron que solamente existen diferencias significativas ($p < 0.05$) en las concentraciones de lindano, heptacloro y aldrin, dependiendo de la época climática; para los otros factores (estación, especie) no se presentaron diferencias significativas. Para los DDTs, los análisis de varianza revelaron que no existen diferencias significativas en su concentración en relación con ninguno de los factores de variación (época, estación, especie). Sin embargo, en las figuras 3 y 4, se observan diferencias notorias de concentración entre los períodos de muestreo. Esta aparente contradicción se explica por la presencia de concentraciones muy altas en una sola estación y para una sola época (12,8 ng/g en pp'DDE, 20,1 ng/g en pp'DDD y 18,2 ng/g en pp'DDT), frente a la ausencia o bajas concentraciones en las otras estaciones y demás épocas, con lo cual se incrementa el cuadrado medio del error y por tanto el modelo no puede detectar las diferencias. Los análisis de correlación simple, revelaron que solamente el lindano y el aldrin se relacionan significativamente ($p < 0.05$) con la salinidad.

FACTOR DE CONCENTRACIÓN. Los factores de concentración se presentan en la tabla 2. El factor de concentración corresponde a la relación entre el promedio de concentración de cada compuesto en hojas y el promedio de concentración en el sedimento aledaño al manglar (Tabla 1). Para el lindano y el pp'DDD los factores más altos se calcularon en CH (21.3 y 133, respectivamente), en *A. germinans*. Para el heptacloro en *R. mangle* el máximo

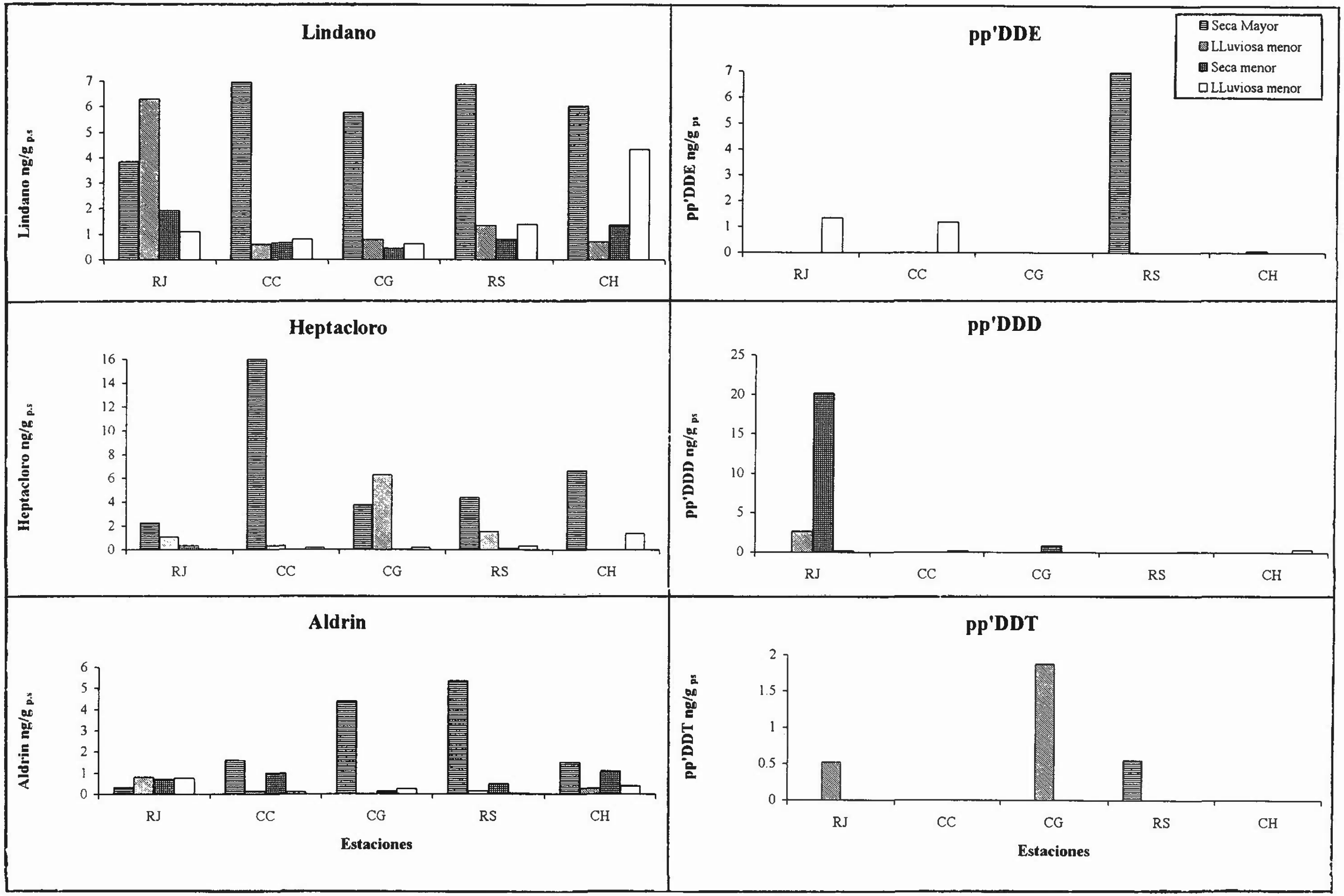


Figura 3. Concentración de organoclorados (ng/g) en hojas de *Rhizophora mangle,* en cinco estaciones de muestreo, para las cuatro épocas climáticas (seca mayor, lluviosa menor, seca menor y lluviosa mayor). RJ, Rincón del Jagüey; CC, Canal del Clarín; CG, Caño Grande; RS, río Sevilla; CH, Bahía de Chengue.

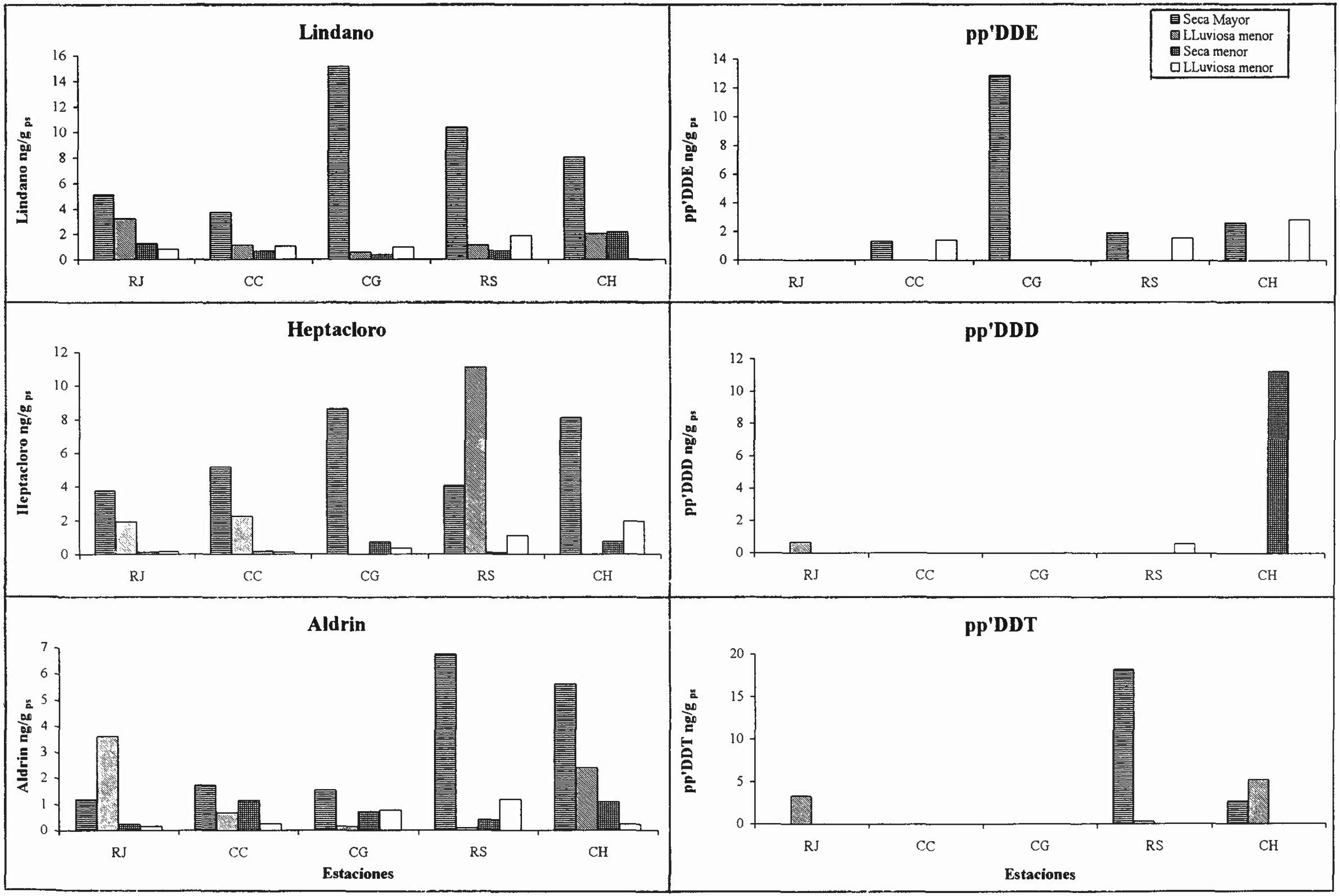


Figura 4. Concentración de organoclorados (ng/g) en hojas de *Avicennia germinans*, en cinco estaciones de muestreo, para las cuatro épocas climáticas (seca mayor, lluviosa menor, seca menor y lluviosa mayor). RJ, Rincón del Jagüey; CC, Canal del Clarín; CG, Caño Grande; RS, río Sevilla; CH, Bahía de Chengue.

factor se calculó en la estación CC (14.7) y para *A. germinans* en CH (11.6). Para el aldrin, el mayor factor de concentración se calculó en CG (41.8 y 28.6) para *R. mangle* y *A. germinans* respectivamente; y para el pp'DDE el mayor factor se calculó en CG (2.81) para *A. germinans* y en RJ (0.72) para *R. mangle.* Para el pp'DDT solamente en RS este factor fue diferente de cero.

Discusión

Los niveles de organoclorados alcanzados en las hojas de las dos especies analizadas, se pueden explicar por la gran capacidad de absorción de nutrientes que muestran estas plantas (Hutchins & Saenger 1984), con lo cual, probablemente, están absorbiendo sustancias del tipo de los organoclorados. De otro lado, la afinidad que estos compuestos tienen hacia el material biológico, hace que aumente la concentración en los tejidos de las plantas, principalmente de las acuáticas, ya que la baja solubilidad en el agua, produce un aumento en su velocidad de absorción (Connell & Miller 1984, Phillips & Rainbow 1993).

No obstante las restricciones en la utilización de muchos de estos compuestos, todavía se mantienen en la ecosfera en concentraciones considerables, fundamentalmente porque en los países en vía de desarrollo ubicados en zonas tropicales y subtropicales, se siguen utilizando de manera relativamente constante (Phillips & Rainbow 1993). Las plantas pueden tomar organoclorados por vía atmosférica (Conell & Miller 1984). La zona bananera aledaña a la CGSM es fumigada por vía aérea; en este tipo de fumigación no se puede controlar el área de influencia, sino que el plaguicida es esparcido en una zona amplia. La falta de control en este tipo de labores hace que aumente la cantidad de plaguicidas en el ambiente, lo que probablemente explicaría las altas concentraciones en una sola época y para una sola estación, como es el caso del pp'DDT en RS, influida por las descargas de este río, provenientes del piedemonte de la SNSM.

La poca dependencia de las concentraciones de compuestos organoclorados en relación con las estaciones climáticas, se debe probablemente al transporte que ejercen las corrientes que van paralelas a la costa en dirección norte sobre el margen oriental, para luego ser desviadas hacia el occidente por la corriente de aguas que entra a través de la Boca de la Barra, desde el mar (Campos 1992). Se ha demostrado que cuando aumenta el flujo de agua continental, se produce un aumento en la erosión del sedimento estuarino. El arrastre de partículas puede producir la resuspensión de los organoclorados adheridos a ellas y de esta forma pueden ser exportados hacia otras zonas o ser mantenidos en suspensión por un largo período de tiempo (Cooper et al. 1987, Uncles et al. 1988).

Los residuos de plaguicidas organoclorados han generado bastante interés debido a sus efectos adversos en los ecosistemas, particularmente en relación a la contaminación global. Se ha podido establecer que estos compuestos pueden ser transportados a través de la atmósfera y están sujetos a procesos de co-destilación. Como resultado de esto, pueden encontrarse en cantidades medibles en localidades prístinas muy remotas, tales como el Antártico (Phillips & Rainbow 1993, Phillips 1995). En la actualidad se acepta que el transporte aéreo de los organoclorados es la ruta predominante en el ciclo global de estos compuestos (Phillips & Rainbow 1993). Esto explicaría la presencia de compuestos organoclorados en la estación CH, un sitio que no tiene actividad humana.

Los datos presentados muestran que aunque las dos especies de mangle (*R. mangle* y *A. germinans*) están acumulando residuos de plaguicidas organoclorados, existe poca o ninguna dependencia entre las variaciones de concentración y la especie analizada. Esto se debe probablemente a que la bioacumulación de organoclorados en organismos acuáticos depende más de las propiedades físicas y químicas de los compuestos mismos, que de la fisiología de los organismos en general, como lo sostiene Phillips (1995).

Los residuos de plaguicidas organoclorados son considerados cationes poco móviles. En los manglares, la absorción de iones (cationes y aniones)

Tabla 1. Concentración de organoclorados en sedimentos de las zonas aledañas al manglar, en cinco estaciones de muestreo en la CGSM y Bahía de Chengue, para las cuatro épocas climáticas. Los resultados se expresan como ng/g en peso seco (p.s). nd = no detectado.

Estación	Epoca	Lindano	Heptacloro	Aldrin	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Rincón del Jagüey	Seca mayor	0.17	0.67	0.02	nd	nd	nd
	Lluviosa menor	nd	nd	0.14	nd	nd	nd
	Seca menor	nd	nd	1.32	nd	nd	nd
	Lluviosa mayor	nd	0.37	nd	11.27	nd	nd
Caño Clarín	Seca mayor	nd	0.97	nd	0.65	nd	nd
	Lluviosa menor	nd	nd	nd	nd	0.93	nd
	Seca menor	0.45	nd	nd	0.13	nd	nd
	Lluviosa mayor	nd	0.70	nd	6.2	nd	nd
Caño Grande	Seca mayor	0.85	0.61	0.08	1.01	nd	0.31
	Lluviosa menor	0.03	nd	nd	nd	0.24	nd
	Seca menor	0.39	nd	0.05	0.75	nd	nd
	Lluviosa mayor	nd	0.55	nd	2.81	nd	nd
Río Sevilla	Seca mayor	0.22	0.17	0.112	0.26	nd	nd
	Lluviosa menor	0.25	nd	nd	nd	nd	nd
	Seca menor	0.86	nd	0.81	0.81	nd	nd
	Lluviosa mayor	nd	1.97	0.21	8.7	nd	4.35
Bahía de Chengue	Seca mayor	0.27	nd	0.22	nd	nd	nd
	Lluviosa menor	nd	nd	nd	nd	nd	nd
	Seca menor	0.34	nd	0.9	nd	0.67	nd
	Lluviosa mayor	nd	0.92	0.45	11.55	nd	nd

Tabla 2. Factor de concentración de los compuestos organoclorados en las dos especies de mangle *Rhizophora mangle* y *Avicennia germinans*, en cinco estaciones de muestreo, en la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Chengue.

Estación	Especie	Factor de concentración					
		Lindano	Heptacloro	Aldrin	pp'DDE	pp'DDD	pp'DDT
Rincón del Jagüey	*R. mangle*	18.2	3.53	1.37	0.72	0.0	0.0
	A. germinans	14.4	5.73	3.48	0.0	0.0	0.0
Caño Clarín	*R. mangle*	20.4	14.7	0.0	0.08	0.18	0.0
	A. germinans	14.7	6.89	0.0	0.43	0.0	0.0
Caño Grande	*R. mangle*	6.09	8.79	41.8	0.0	3.50	0.0
	A. germinans	13.7	8.43	28.6	2.81	0.0	0.0
Río Sevilla	*R. mangle*	9.25	3.18	15.3	0.71	0.0	0.55
	A. germinans	12.6	7.73	22.7	0.30	0.0	4.28
Bahía de Chengue	*R. mangle*	20.6	8.65	8.90	0.04	4.62	0.0
	A. germinans	21.3	11.60	25.60	0.48	133	0.0

desde el medio externo está regulada por un mecanismo de transporte activo localizado en las membranas celulares. Sin embargo, este mecanismo no es absoluto, ya que ellas pueden absorber iones tóxicos que se encuentran en el medio, bajo condiciones de alta salinidad (Queen 1984). Esto significaría que en la época seca (cuando se registran los valores más altos de salinidad) (Fig. 2), las plantas de mangle estarían sometidas a tensión por este factor, disminuyendo su capacidad para seleccionar el tipo de iones que entran a las células, lo que produciría un aumento en la concentración de sustancias, como residuos de plaguicidas organoclorados.

El factor de concentración permite hacer un análisis del movimiento de los plaguicidas organoclorados desde el sedimento hacia los tejidos de las plantas de mangle. Debido a que los valores encontrados en el sedimento son mucho menores que en hojas, el FC es grande (Tabla 2). Esto significa que las plantas están concentrando residuos de organoclorados desde el suelo hacia sus tejidos (Edwards 1976). Los valores altos del factor de concentración probablemente se presentan por la afinidad que los organoclorados tienen por el material vivo.

Los FC de cero se presentan por la ausencia del compuesto en el sedimento, en las hojas y tanto en el sedimento como en las hojas. Cuando el compuesto está ausente del sedimento, la planta puede tomarlo por otra vía, por ejemplo la atmosférica (Connell & Miller 1984). Beall & Nash (en Edwards 1976) encontraron que en plantas como la soya, la toma atmosférica del DDT es mayor que por las raíces. En tanto que para dieldrin, endrin y heptacloro es mayor la toma por esta última vía. Si bien, no se dispone de la información acerca de la proporción de organoclorados en el agua y el aire, es probable que las plantas de mangle estén concentrando organoclorados desde la atmósfera, ya que se encontró que en casi todos los períodos climáticos y en la mayoría de estaciones (excepto en RS), las dos especies estudiadas no están concentrando pp'DDT desde el sedimento.

Como ya se había mencionado antes, los manglares son capaces de absorber grandes cantidades de nutrientes, particularmente aquellos que se encuentran en el agua intersticial. Con ellos pueden tomar otro tipo de compuestos como son los metales pesados y probablemente los residuos de plaguicidas organoclorados (Clough et al. 1983, Hutchins & Saenger 1984). Estos contaminantes son tomados y translocados hacia las porciones aéreas de las plantas, y después, a través de la red del detritos o directamente por pastoreo, son biomagnificados hacia los mayores niveles de la red trófica (Gallagher & Wolf 1980). Los organoclorados tal vez no afectan a las plantas de mangle, pero al ser acumulados en sus tejidos y pasar a lo largo de la cadena alimenticia, pueden alcanzar niveles muy altos en especies de consumo humano (Edwards 1976, Hutchings & Saenger 1984). De las plantas de manglar dependen muchas de estas especies (camarones, peces, etc.) durante todo su ciclo de vida o parte de él (Odum & Johannes 1975, Zamorano 1983), de aquí la gravedad de la bioconcentración de compuestos del tipo de residuos de plaguicidas organoclorados en las plantas de manglar.

Agradecimientos

Los resultados de este trabajo fueron tomados de la tesis de grado de LFE para optar al título de bióloga, concedido por la Universidad Nacional de Colombia. Agradecemos a COLCIENCIAS por la financiación del trabajo, al INVEMAR por el apoyo logístico brindado y a Rosario Madera y Ramón Giraldo, por su colaboración en la sistematización y análisis estadístico de los datos.

Literatura Citada

Bernhard, M. 1976. *Manual of methods in aquatic environment research, part. 3. Sampling and analyses of biological material.* FAO Fisheries Technical Paper 158, Roma.

Beyer, W. N. & A. J. Krynitsky. 1989. Long-term persistence of dieldrin , DDT and heptachlore epoxide in earthworms. Ambio 18: 271-273.

Botero, L. 1990. Massive mangrove mortality of the Caribbean coast of Colombia. Vida Silvestre Neotropical 2: 77-78.

CAMPOS, N. H. 1992. Descarga de metales pesados en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano, con el material suspendido. Revista de Contaminación Ambiental 23: 11-23.

CLOUGH, B. F., K. J. BOTO & P. M. ATTIWILL. 1983. Mangroves and sewage: a re-evaluation. Págs: 151-161 *en:* A. J. Teas (ed.): *Biology and ecology of mangroves*. Dr. W. Junk Publishers, The Hague.

CONNELL, D. W. & G. J. MILLER. 1984. Chemistry and ecotoxicology of pollution. John Wiley and Sons, Nueva York.

COOPER, C. M., F. E. DENDY, J. R. Mc HENRY & J. C. RITCHIE. 1987. Residual pesticide concentrations in Bear Creek, Mississippi, 1976 to 1979. Journal of Environmental Quality 16: 69-72.

EDWARDS, C.A. 1976. *Persistent pesticides in the environment*. CRC Press, Cleveland.

ESPINOSA, L. F., G. RAMÍREZ & N. H. CAMPOS. 1995. Análisis de residuos de organoclorados en los sedimentos de zonas de manglar en la Ciénaga Grande de Santa Marta y la Bahía de Chengue, Caribe colombiano. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín 24: 79-94.

ESTRADA, M. I. 1988. Determinación de plaguicidas organoclorados en peces (*Mugil incilis* y *Cathorops spixi*) y ostras (*Crassostrea rizophorae*) de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Informe final, INVEMAR, Santa Marta.

GALLAGHER, J. L. & P. L. WOLF. 1980. Field biossays for the role of the plants as vectors in contaminant transfer from dredged material, Págs: 445-463 *en:* R. A. Baker (ed.): *Contaminants and sediments.* Vol 2. Ann Arbor Science Publishers., Ann Arbor, Michigan.

GONZÁLEZ, E. 1989. Cambios ocurridos en la cobertura del manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta durante los años 1956-1987. Informe Final Proyecto "Estudio Ecológico de la Ciénaga Grande de Santa Marta, delta exterior del Río Magdalena. II etapa", INVEMAR, Santa Marta.

HUTCHINGS, P. & P. SAENGER. 1984. *Ecology of Mangroves*. University of Queensland Press, St. Lucia.

LACERDA, L. D., C. E. RESENDE; D. V. JOSÉ; J. C. WASSERMAN & M. C. FRANCISCO. 1985. Mineral concentrations in leaves of mangrove trees. Biotropica 17: 260-262.

MANJARRÉS, G. A. & A. R. ESCOBAR. 1991. Muerte masiva de manglares en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe colombiano. Agricultura Tropical 28: 111-120.

MÁRQUEZ, G. 1992. Deterioro ambiental y desarrollo sostenible en la Ciénaga Grande de Santa Marta, Págs. 183-194 *en:* G. Márquez & E. González (eds.): *Desarrollo sostenible de la zona costera del Caribe colombiano*, OEA - COLCIENCIAS - IDEA Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

ODUM, W. E. & R. E. JOHANNES. 1975. The response of mangroves to man-induced environmental stress, Págs. 52-62 *en:* E. J. Ferguson-Wood & R.E. Johannes (eds.): *Tropical marine pollution.* Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam.

PHILLIPS, D. J. 1995. The Chemistries and environmental fates of trace metals and organochlorines in aquatic ecosystems. Marine Pollution Bulletin 31: 193-200.

PHILLIPS, D. J. H. & P. RAINBOW. 1993. *Biomonitoring of trace aquatic contaminants.* Elsevier Science Publishers Ltd., Londres.

PLATA, J., N. H. CAMPOS & G. RAMÍREZ. 1993. Flujo de compuestos organoclorados en las cadenas tróficas de la Ciénaga de Santa Marta. Caldasia 17: 199-204.

QUEEN, W. H. 1984. Physiology of coastal halophytes, Págs. 345-353 *en:* R. J. Reimold y W. H. Queen (eds.). *Ecology of halophytes.* Academic Press, Nueva York.

RAMÍREZ, G. 1988. Estudios de plaguicidas organoclorados en sedimentos de la Ciénaga Grande de Santa Marta (Caribe Colombiano). Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín 18: 127-133.

SÁNCHEZ, H., G. MANJARRÉS & G. OCHOA. 1989. Características ecológicas de los manglares de la Costa Atlántica colombiana, con especial énfasis en la región de la Ciénaga Grande de Santa Marta e isla de Salamanca. Informe Proyecto "Bioecología de los manglares de Colombia, S.A.", INVEMAR, Santa Marta.

SERRANO-DÍAZ, L. A., L. BOTERO, P. CARDONA & J. E. MANCERA-PINEDA. 1995. Estructura del manglar en el delta exterior derecho del Río Magdalena-Ciénaga Grande de Santa Marta, una zona tensionada por alteraciones del equilibrio hídrico. Anales del Instituto de Investigaciones Marinas de Punta Betín 24: 123-134.

UNCLES, R. J., J. A. STEPHENS & T. Y. WOODROW. 1988. Seasonal cycling of estuarine sediment and contaminant transport. Estuaries 11: 108-115.

WIEDEMANN, H. U. 1973. Reconnaissance of the Ciénaga Grande de Santa Marta. Colombia: Physical parameters and geological history. Mitteilungen Instituto Colombo-Alemán de Investigaciones Científicas 7: 85-119.

ZAMORANO, D. 1983. Productividad del manglar y su importancia para el pelagial de la Ciénaga Grande de Santa Marta. Tesis M.Sc. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.